

明 細 書

3次元形状測定方法及びその測定装置

技術分野

- [0001] 本発明は、3次元形状測定方法及びその測定装置に関し、特に、3次元測定器をロボットに装着した状態で、ワークの表面に倣わせながら該ワークの表面形状を測定する3次元形状測定方法及びその測定装置に関する。

背景技術

- [0002] 3次元測定器によればワークの表面に倣わせることによってワークの位置、形状などを測定することができる。従来、3次元測定器は測定者が持ってワークの表面に倣わせたり、専用の門柱形座標測定器に装着して測定している。測定者が3次元測定器を直接持って計測する場合には、測定時間が長くなると測定者に対する負担が大きい。また、門柱形座標測定器は、構造が複雑であって高価である。
- [0003] このような背景から、近時、3次元測定器をロボットのアームに装着して動作させ、ワークの表面形状を測定する取り組みがなされている。
- [0004] また、類似技術としては、外部又はワーク内に設けられた基準点を位置測定ユニットで認識し、認識された測定区域の形状をレーザスキャナによって測定する技術が提案されている(例えば、(日本国)特表2003-505682号公報(WO01/007866)参照)。
- [0005] ところで、ロボットを用いてワークの表面形状を測定する場合には、ロボットに対して動作指示を行う必要があり、基準の教示点を設定する。この教示点の設定は単純な作業であるが、教示点の数が多いため多大な時間を要するという問題がある。特に、ワークの形状が多種多様である場合には、その都度、教示をやり直す必要があり、オペレータの負担が大きい。

発明の開示

- [0006] 本発明は、ロボットに装着した3次元測定器をワークの表面に倣わせて移動させて該ワークの表面形状を測定する際の、ロボットの動作を、簡便かつ短時間に教示設定することを可能にする3次元形状測定方法及びその測定装置を提供することを目

的とする。

- [0007] 本発明に係る3次元形状測定方法は、ロボットに取着した3次元測定器を、ワークの表面に倣わせて移動させることにより、該ワークの表面形状を測定する3次元形状測定方法であって、所定面積に対して前記3次元測定器を倣わせる測定動作を示すブロックデータを設定、記録する第1ステップと、前記ワークの長さ及び／又は高さを設定する第2ステップと、複数の基本形状タイプから前記ワークの形状に類似する1つを選択する第3ステップと、選択された基本形状タイプと、前記ワークの長さ及び／又は高さに応じて、前記ブロックデータを示す仮想ブロックが、仮想空間上の前記ワークの投影面のうち、測定を行う部分を覆うように前記ブロックデータを複写設定する第4ステップと、複写設定した前記ブロックデータに基づいて前記ワークの表面形状を測定する第5ステップと、を有することを特徴とする。
- [0008] このように、複写設定したブロックデータに基づいてワークの表面形状を測定するようにすると、ロボットの動作を、簡便かつ短時間に教示設定することができる。
- [0009] この場合、前記3次元測定器は、前記ワークとの距離を計測する変位計を備え、前記変位計の計測に基づいて前記ロボットを動作させることにより、前記3次元測定器を進退させて前記ワークから計測可能範囲に維持させながら測定を行うとよい。
- [0010] また、前記ブロックデータは、前記3次元測定器を検出幅で往復動作させる動作パターンを示すデータとすると、ブロックデータの作成及び、ワークの表面形状の測定を効率的に行うことができる。
- [0011] さらに、前記第4ステップでは、前記ブロックデータを変形させながら複写設定すると、多種多様のワークに対して、より高い融通性がある。
- [0012] 前記第5ステップでは、所定のブロックデータに基づく計測を行った後に次のブロックデータの計測を行う際、ロボットのベース部を、次のブロックデータの位置に合わせて移動させるようにすると、ブロックデータはパラメータを変更することなくそのまま複写することができ、複写手順が容易である。
- [0013] 前記ベース部は、移動台車上に載置され、該移動台車が移動することにより前記ベース部が移動されるようにすると、正確且つ容易に移動可能である。
- [0014] また、本発明に係る3次元形状測定方法は、ロボットに取着した3次元測定器を、ワ

ークの表面に倣わせて移動させることにより、該ワークの表面形状を測定する3次元形状測定方法であって、3次元測定器を所定距離動作させる基本経路を設定するステップと、所定幅毎に前記基本経路を複数回複写して、前記3次元測定器を倣わせる測定動作を示すブロックデータとして設定するステップと、を有することを特徴とする。

[0015] このように、ブロックデータは1本の基本経路を複写することにより設定可能であり、設定手順が容易である。

[0016] さらに、本発明に係る3次元形状測定装置は、ロボットに取着した3次元測定器を、ワークの表面に倣わせて移動させることにより、該ワークの表面形状を測定する3次元形状測定装置であって、所定面積に対して前記3次元測定器を倣わせる測定動作を示すブロックデータを設定、記録するブロックデータ設定記録部と、前記ワークの長さ及び／又は高さを設定するデータ入力部と、複数の基本形状タイプから前記ワークの形状に類似する1つを選択する基本形状選択部と、選択された基本形状タイプと、前記ワークの長さ及び／又は高さに応じて、前記ブロックデータを示す仮想ブロックが、仮想空間上の前記ワークの投影面のうち、測定を行う部分を覆うように前記ブロックデータを複写設定するブロックデータ複写部と、複写設定した前記ブロックデータに基づいて前記ワークの表面形状を測定する計測実行部と、を有することを特徴とする。

[0017] このように、複写設定したブロックデータに基づいてワークの表面形状を測定するようになると、ロボットの動作を、簡便かつ短時間に教示設定することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]図1は、本実施の形態に係る3次元形状測定装置の概略斜視図である。

[図2]図2は、レーザスキャナを備える多関節ロボット及び該多関節ロボットが載置される移動台車を示す斜視図である。

[図3]図3は、レーザスキャナ及びレーザ変位計を用いてワークの表面形状を測定する様子を示す概略斜視図である。

[図4]図4は、本実施の形態に係る3次元形状測定装置の概略ブロック図である。

[図5]図5は、コンピュータの内部処理の概略ブロック図である。

[図6]図6は、本実施の形態に係る3次元形状測定方法の手順を示すフローチャートである。

[図7]図7は、ブロックデータの設定記録を行う手順を示すフローチャートである。

[図8]図8は、ブロックデータを示す模式図である。

[図9]図9は、ワークの形状に基づいてブロックデータを縦方向に複写設定する手順を示すフローチャートである。

[図10]図10は、2つの小ブロックからなる大ブロックを示す模式図である。

[図11]図11は、ワークがワゴンである場合、ブロックデータを縦方向に複写設定する手順を示すフローチャートである。

[図12]図12は、ワークがセダンである場合、ブロックデータを縦方向に複写設定する手順を示すフローチャートである。

[図13]図13は、ワークの形状に基づいてブロックデータを縦方向に複写設定する手順を示すフローチャートである。

[図14]図14は、ワークがワゴンである場合、ブロックデータを横方向に複写する様子を示す模式図である。

[図15]図15は、ワークがセダンである場合、ブロックデータを横方向に複写する様子を示す模式図である。

[図16]図16は、3次元形状測定装置を格子状の移動路を有する定盤上に設けた例の概略斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

[0019] 以下、本発明に係る3次元形状測定方法及びその測定装置について実施の形態を挙げ、添付の図1ー図16を参照しながら説明する。

[0020] 図1に示すように、本実施の形態に係る3次元形状測定方法を適用する3次元形状測定装置10は、車両の形状をしたワークWの3次元形状を測定するシステムであって、ワークWの表面形状を測定するレーザスキャナ(3次元測定器)12をエンドエフェクタとして備えた多関節ロボット14と、レーザスキャナ12の位置を検出する位置検出装置16と、多関節ロボット14及び位置検出装置16から供給されるデータを処理するデータ処理部18とを有する。多関節ロボット14は、移動台車22上に載置されており

、該移動台車22の内部には、多関節ロボット14を制御する制御部19が設けられている。ワークWは、例えば、形状がデータ化されていないクレーモデルであって、制御部19において形状が認識されていない。

- [0021] 多関節ロボット14は7軸の関節を備え、姿勢の冗長性を有する。すなわち、多関節ロボット14は、レーザスキャナ12の位置及び姿勢を保持したまま様々な姿勢(理論上、無限大個の姿勢)をとり得る。多関節ロボット14の先端部36には、支持部20aを介してワークW(図3参照)までの距離を測定するレーザ変位計20が設けられている。
- [0022] 多関節ロボット14は、矢印21で示される基本のティーチングデータに基づきワークWの面に沿ってレーザスキャナ12を移動させる。このとき、レーザ変位計20のデータを参照しながら、レーザスキャナ12をワークWの表面から所定の距離である $L \pm \epsilon$ となるように維持しながら移動させる。
- [0023] また、多関節ロボット14が載置される移動台車22上は自走可能であり、ワークWの車軸24と平行に延在するレール26に沿って移動することができる。多関節ロボット14は移動可能であることから、ワークWの所定区域毎の測定を行った後に多関節ロボット14を移動させて次の区域の測定を行うことができる。
- [0024] 図2に示すように、多関節ロボット14は、ベース部30と、該ベース部30を基準にして、順に第1アーム32、第2アーム34を有し、第2アーム34の先の先端部36に前記レーザスキャナ12が設けられている。第1アーム32はベース部30に対して水平及び垂直に回動可能な軸J1、J2によって接続されている。また、第1アーム32は途中の軸J3によって捻り回転が可能である。
- [0025] 第2アーム34は第1アーム32と軸J4で回動可能に連結されている。第2アーム34は途中の軸J5によって捻り回転が可能である。
- [0026] 先端部36は第2アーム34と軸J6で回動可能に連結されており、軸J7により捻り回転が可能である。
- [0027] このように多関節ロボット14は7軸の関節を有することから、前記したように姿勢の冗長性を有し、人間の腕のように自由な動作が可能である。
- [0028] 多関節ロボット14の軸J1〜J7は、全てが回転動作を行う軸である必要はなく、姿勢の冗長性を有する構成であれば、伸縮動作、平行リンク動作等の動作部を有するも

のであってもよい。関節の構成数は8以上であってよい。

- [0029] 図3に示すように、レーザスキャナ12は、3つの突起部にそれぞれ赤外線LED(Light Emitting Diode)40を備えている。位置検出装置16(図1参照)は、1次元CCD(Charge-Coupled Devices)からなる3つの検出部42により赤外線LED40が発する赤外線を検出して3次元空間上におけるレーザスキャナ12の位置を正確に検出することができる。検出部42は、2個以上の2次元CCDでもよい。
- [0030] 具体的には、3つの赤外線LED40からのエネルギーを検出部42によってそれぞれ検出し、各検出部42から赤外線LED40の方向を認識する。これにより、レーザスキャナ12の空間的位置及び姿勢を求めることができる。この処理はリアルタイムで行われる。
- [0031] レーザスキャナ12は、投光部50からレーザを矢印B方向に走査しながらワークWに照射して検出幅Dの区間の表面形状を測定することができる。また、レーザスキャナ12は計測可能な範囲がある。従って、ワークWの表面から投光部50までの距離が $L \pm \varepsilon$ の範囲に設定されている必要があり、レーザ変位計20によってこの距離を測定している。該レーザ変位計20による測定データは、制御部19に供給されて処理され、レーザスキャナ12が適切な位置となるように多関節ロボット14の姿勢を制御する。
- [0032] 図4に示すように、制御部19はサーボドライバ52を介して多関節ロボット14を動作させる運動制御ボード54と、入出力インターフェース56と、コンピュータ58とを有する。コンピュータ58は、運動制御ボード54及び入出力インターフェース56と接続されており、制御部19全体の制御を行う。また、コンピュータ58は、所定のプログラム記録部からプログラムをロードして実行することにより作用し、処理の主体であるCPUと、記録部であるROM、RAM等を含む。
- [0033] 移動台車22は、周辺を監視する安全装置である2つのエリアセンサ61a、61bを有する。制御部19は、エリアセンサ61a、61bとのインターフェースであるエリアセンサイターフェース60に接続されており、障害物の有無を検出することができる。また、制御部19は、アンプ62を介して走行軸モータ64を動作させ、移動台車22を自走させることができる。さらに、制御部19は、基本のティーチングデータとなるブロックデータ

120(図8参照)を設定するためのティーチングボックス(データ入力部)66及び操作ボックス68と接続されており、相互にデータ通信が可能である。ティーチングボックス66には、表示手段としてのモニタ画面66aが設けられている。

- [0034] 移動台車22には無停電電源を搭載し、該無停電電源を介して制御部19等に電源を供給するようにすると、動作信頼性が向上する。
- [0035] 図5に示すように、コンピュータ58は、所定面積に対して前記レーザスキャナ12を倣わせる測定動作を示すブロックデータ120(図8参照)を設定し、記録するブロックデータ設定記録部100と、複数の基本形状タイプから前記ワークWの形状に類似する1つを選択する基本形状選択部102と、選択された基本形状タイプと、ワークWの長さU(図14参照)と高さhに応じて、ブロックデータ120を示す仮想ブロックが、仮想空間上のワークWの投影面のうち、測定を行う部分を覆うようにブロックデータ120を複写設定するブロックデータ複写部104と、複写設定したブロックデータ120に基づいて多関節ロボット14と走行軸モータ64を動作させる計測実行部106とを有する。計測実行部106は、多関節ロボット14を動作させるロボット姿勢計算部106aと、走行軸モータ64を動作させる台車位置計算部106bとを有する。
- [0036] また、コンピュータ58は、操作ボックス68等から供給されるスイッチ信号に基づいて、多関節ロボット14及び走行軸モータ64をマニュアル操作又は非常停止させる外部信号監視部110を有する。
- [0037] ワークWの長さU(図14参照)と高さhは、ティーチングボックス66を用いて入力され、パラメータ記録部108に保持される。パラメータ記録部108に保持されたデータや、ブロックデータ設定記録部100で設定されたブロックデータ120等は、モニタ画面66aに表示させることが可能である。
- [0038] なお、図5は、一部を簡略化して、コンピュータ58内部の処理部と外部機器との関係を理解しやすいように表した概略ブロック図であって、入出力インターフェース56(図4参照)等を省略して図示している。
- [0039] 次に、このように構成される3次元形状測定装置10を用いて、多関節ロボット14に取着されたレーザスキャナ12をワークWの表面に倣わせて移動させることにより、該ワークWの表面形状を測定する方法について図6を参照しながら説明する。図6に示

す処理においては、ティーチングボックス66(図4参照)及び操作ボックス68を用いた入力処理とモニタ画面66aによる確認処理はオペレータが行い、それ以外の処理は基本的にコンピュータ58によるプログラム処理によって実行される。なお、以下の説明では車軸の方向をY方向(図14参照)、ワークWの高さ方向をZ方向(図14参照)として、Y方向とZ方向に垂直な方向(図14の紙面に垂直な方向)をX方向とする。

- [0040] この処理は、先ず前処理であるステップS1において、主にブロックデータ設定記録部100(図5参照)の作用によって、ブロックデータ120(図8参照)の設定記録を行う。このステップS1の処理は、基本的に一度行えば、その後省略可能である。
- [0041] 次に、主にブロックデータ複写部104の作用によって、ワークWの基本形状タイプに基づきブロックデータ120を複写設定する。
- [0042] 具体的には、先ずステップS2において、ワークWの形状に基づいて、ブロックデータ120を縦方向であるZ方向に複写設定する。
- [0043] その後、ステップS3において、ワークWの形状に基づいて、ブロックデータ120を横方向であるY方向に複写設定する。
- [0044] このステップS2及びS3の処理は、ワークWの形状が類似であるものに対しては省略可能である。また、ステップS2及びS3の処理は、基本的にコンピュータ58によるプログラム処理であって、仮想空間上においてワークWをブロックデータ120で覆うように複写設定する。この場合、オペレータが処理の適否を判断しやすいように、仮想空間上におけるワークWやブロックデータ120をモニタ画面66aにグラフィック形式で表示しながら処理を行ってもよい。
- [0045] 次に、ステップS4において、主に計測実行部106の作用によって多関節ロボット14と走行軸モータ64を動作させてワークWの3次元形状を測定する。
- [0046] 次に、前記ステップS1の処理、つまりブロックデータ120の設定記録を行う処理について、図7及び図8を参照しながら説明する。
- [0047] また、以下の説明では、レーザスキャナ12のツール座標を、 $P_a(X, Y, Z, \phi, \theta, \phi)$ 又は $Q_a(X, Y, Z, \phi, \theta, \phi)$ として表す。ここで、X、Y及びZの各パラメータは、絶対座標におけるX方向、Y方向及びZ方向の各値を示し、 ϕ 、 θ 及び ϕ の各パラメータは、ロール、ピッチ及びヨーの姿勢値を示す。添え字aは、動作順序、教示順序

等を示す自然数である。便宜上、 $P_a(X, Y, Z, \phi, \theta, \phi)$ を P_a 、 $Q_a(X, Y, Z, \phi, \theta, \phi)$ を Q_a としても表記する。

- [0048] 図8に示すように、ブロックデータ120は、レーザスキャナ12(図3参照)を一方向に所定距離動作させて設定される基本経路122と、該基本経路122を直角方向に、入力設定された回数 n 本分を複写した複写経路124からなるデータであり、レーザスキャナ12をワーク W に倣わせる測定動作を示す。この基本経路122及び複写経路124は、前記矢印21(図1参照)に相当するものである。
- [0049] 図8のブロックデータ120は、 $n=5$ として、基本経路122を5回複写して複写経路124を設定した例である。基本経路122及び複写経路124の相互間隔 p (図10参照)は入力設定される値であり、レーザスキャナ12の検出幅 D (図3参照)と同値に設定する。回数 n 、相互間隔 p は、ティーチングボックス66を用いて入力される。
- [0050] ブロックデータ120は、基本経路122及び複写経路124のそれぞれの開始点と終了点におけるレーザスキャナ12のツール座標 P_1, P_2, \dots, P_e (図10参照)として表される。ここで添え字のパラメータ e は、最終の順番を示す数字であり、 $e=2(n-1)+4$ として表される。例えば、 $n=5$ であるとき、 $e=12$ である。
- [0051] 図7のステップS101において、ブロックデータ120の基礎となる Z 方向の基本経路122のデータを作成するために、多関節ロボット14をティーチングボックス66を用いて操作し、レーザスキャナ12を Z 方向に適当な距離動作させて、その移動経路を記録する。
- [0052] 次に、ステップS102において、記録した移動経路のうち開始点と終了点におけるレーザスキャナ12の姿勢を $P_1(X_1, Y_1, Z_1, \phi_1, \theta_1, \phi_1)$ 及び $P_2(X_2, Y_2, Z_2, \phi_2, \theta_2, \phi_2)$ として記録する。
- [0053] 次に、ステップS103において、回数 n 、相互間隔 p をティーチングボックス66を用いて入力する。
- [0054] 次に、ステップS104において、カウンタ i を「1」に初期化する。
- [0055] 次に、ステップS105において、カウンタ i と回数 n とを比較する。 $i > n$ であるときには、ブロックデータ120を示すツール座標である P_1, P_2, \dots, P_e が全て求められたことになり、この一連の処理を終了して前記ステップS2(図6参照)へ移る。 $i \leq n$ であるとき

には、次のステップS106へ移る。

- [0056] ステップS106においては、カウンタ i が奇数であるか偶数であるかを確認し、奇数であるときにはステップS107へ移り、偶数であるときにはステップS109へ移る。
- [0057] ステップS107(i が奇数であるとき)においては、複写経路124の i 本目の開始点である P_α を計算する。添え字 α は、 $\alpha = 2(i-1) + 3$ として表される。この場合、 P_α は P_2 を Y 方向に距離($i \times p$)だけ移動させたデータとして表されることから、 $P_\alpha(X_2, Y_2 + (i \times p), Z_2, \phi_2, \theta_2, \phi_2)$ として計算され、求めた P_α を記録する。
- [0058] 次に、ステップS108において、複写経路124の i 本目の終了点である P_β を計算する。添え字 β は、 $\beta = \alpha + 1 = 2(i-1) + 4$ として表される。この場合、 P_β は P_1 を Y 方向に距離($i \times p$)だけ移動させたデータとして表されることから、 $P_\beta(X_1, Y_1 + (i \times p), Z_1, \phi_1, \theta_1, \phi_1)$ として計算され、求めた P_β を記録する。
- [0059] 一方、ステップS109(i が偶数であるとき)においては、複写経路124の i 本目の開始点である P_α を計算する。この場合、 P_α は P_1 を Y 方向に距離($i \times p$)だけ移動させたデータとして表されることから、 $P_\alpha(X_1, Y_1 + (i \times p), Z_1, \phi_1, \theta_1, \phi_1)$ として計算され、求めた P_α を記録する。
- [0060] 次に、ステップS110において、複写経路124の i 本目の終了点である P_β を計算する。この場合、 P_β は P_2 を Y 方向に距離($i \times p$)だけ移動させたデータとして表されることから、 $P_\beta(X_2, Y_2 + (i \times p), Z_2, \phi_2, \theta_2, \phi_2)$ として計算され、求めた P_β を記録する。
- [0061] ステップS108又はS110の後、ステップS111において、カウンタ i を「+1」更新し、ステップS105へ戻る。
- [0062] このようにカウンタ i を更新しながら、ブロックデータ120を示すツール座標である P_1 、 P_2 、… P_e を計算することができる。計算して求められたブロックデータ120はブロックデータ設定記録部100に記録される。
- [0063] ブロックデータ120は、レーザスキャナ12の検出幅 D ずつ横方向に移動しながら往復動作させる動作パターンを示す。これにより、ブロックデータ120の作成、及び、ワーク W の表面形状の測定を効率的に行うことができる。
- [0064] また、ブロックデータ120は1本の基本経路122を複写することにより設定可能であ

り、設定手順が容易である。

- [0065] さらに、實際上、基本経路122を表すデータは開始点P1及び終了点P2のみでよく、この間の線である経路は必ずしも記録する必要はない。また、開始点P1及び終了点P2は、前記の通りレーザスキャナ12の位置と姿勢を示す6つのパラメータで表すことができ、多関節ロボット14の各軸J1〜J7の角度は記録する必要はない。複写経路124についても同様である。
- [0066] 次に、前記ステップS1(図6参照)の後に実行される前記ステップS2の処理、つまりブロックデータ120を縦方向(Z方向)に複写する処理について、図9及び図10を参照しながら説明する。
- [0067] このステップS2の処理は、ワゴン(又はミニバン等)と呼ばれる車種に対してはブロックデータ120を下方向に1つ複写し、セダン(又はクーペ等)と呼ばれる車種に対してはブロックデータ120を上方向に1つ複写する。以下の説明では、便宜上、元のブロックデータ120を小ブロックA、ワゴンの場合に下方向に複写するブロックデータ120を小ブロックB1(図10、図14参照)、セダンの場合に上方向に複写するブロックデータ120を小ブロックB2(図15参照)と表記する。小ブロックA、B1及びB2は、ブロックデータ120を示す仮想ブロックとみなすことができる。
- [0068] ワゴンの形状は、トランク部がないとともに車高が高く、またリヤウインド部分の傾斜が大きいという特徴がある。一方、セダンの形状は車高が低く、またリヤウインド部分の傾斜が緩いという特徴がある。このように、形状が異なる車種に応じてブロックデータ120の複写パターンを変えることにより、それぞれの形状に応じて適切な計測を行うことができるようになる。
- [0069] 図10に示すように、小ブロックAと小ブロックB1、及び小ブロックAと小ブロックB2は、それぞれラップ量 r を重複して計測し、境界部における計測漏れを防ぐ。また、ワークWの高さ h をカバーすることができるように、小ブロックB1及びB2は、それぞれ小ブロックAに対して、延長量 d だけZ方向に延長するように変形して複写する。ラップ量 r 及び高さ h は、ティーチングボックス66を用いて入力され、延長量 d は、高さ h に基づいて算出される。
- [0070] 先ず、ステップS201において、ラップ量 r 、高さ h をティーチングボックス66を用いて

入力する。高さ h に基づいて延長量 d を計算して記録する。

- [0071] 次に、ステップS202において、ワークWの基本形状タイプ、つまり車種を選択する。選択する車種は基本形状選択部102(図5参照)に記録されており、この中から選択設定するが、具体的には、ティーチングボックス66を操作することにより選択すればよい。選択する車種は、本実施の形態では、ワゴンやセダンを例示しているが、これに限らず、例えば、トラック等の車種を選択可能としてもよい。
- [0072] 次に、ステップS203において、ブロックデータ120のP1とP2のZ方向の距離 ΔZ を求める。距離 ΔZ は、 $\Delta Z = Z_1 - Z_2$ として求められる。 Z_1 、 Z_2 は、それぞれP1、P2を構成するパラメータのうちZ方向成分の値である。
- [0073] 次に、ステップS204において、カウンタ i 及び j をそれぞれ「1」に初期化する。
- [0074] 次に、ステップS205において、ワークWの車種に基づいて処理の分岐を行う。ワークWがワゴンである場合には、ステップS206へ移り小ブロックAを下方向へ複写して小ブロックB1を求める。ワークWがセダンである場合には、ステップS207へ移り小ブロックAを上方向へ複写して小ブロックB2を求める。
- [0075] 次に、ステップS206、つまりワークWがワゴンである場合の処理について図11を参照しながら説明する。
- [0076] 先ず、ステップS301において、カウンタ j とパラメータ e とを比較する。パラメータ e は、前記の通り、 $e = 2(n-1) + 4$ である。 $j > e$ であるときには、小ブロックB1を示すツール座標である Q_1 、 Q_2 、 \dots 、 Q_e が全て求められたことになり、この一連の処理を終了して前記ステップS3(図6参照)へ移る。 $j \leq e$ であるときには、次のステップS302へ移る。
- [0077] 次に、ステップS302においては、カウンタ i が奇数であるか偶数であるかを確認し、奇数であるときにはステップS303へ移り、偶数であるときにはステップS306へ移る。
- [0078] ステップS303(i が奇数であるとき)においては、小ブロックB1を構成する $(n+1)$ 本の基本経路122及び複写経路124のうち i 本目の開始点である Q_j を計算する。この場合、 Q_j は、小ブロックAを構成する $(n+1)$ 本の基本経路122及び複写経路124のうち i 本目の開始点である P_j を-Z方向に距離 $(\Delta Z - r)$ だけ移動させたデータとして表されることから、 $Q_j(X_j, Y_j, Z_j - (\Delta Z - r), \phi_j, \theta_j, \phi_j)$ として計算され、求めた Q_j を記

録する。このように Q_j を求めることにより小ブロックAと小ブロックB1は、ラップ量 r だけ重複する。

[0079] 次に、ステップS304において、カウンタ j を「+1」更新する。

[0080] 次に、ステップS305において、小ブロックB1を構成する $(n+1)$ 本の基本経路122及び複写経路124のうち i 本目の終了点である Q_j を計算する。この場合、 Q_j は、小ブロックAを構成する $(n+1)$ 本の基本経路122及び複写経路124のうち i 本目の終了点である P_j を $-Z$ 方向に距離 $(\Delta Z+d)$ だけ移動させたデータとして表されることから、 $Q_j(X_j, Y_j, Z_j-(\Delta Z+d), \phi_j, \theta_j, \phi_j)$ として計算され、求めた Q_j を記録する。このように Q_j を求めることにより、小ブロックB1は下方に延長量 d だけ延長されるように変形され、ワークWの高さ h をカバーするように設定される。

[0081] 一方、ステップS306(i が偶数であるとき)においては、小ブロックB1を構成する $(n+1)$ 本の基本経路122及び複写経路124のうち i 本目の終了点である Q_j を計算する。この場合、 Q_j は、小ブロックAを構成する $(n+1)$ 本の基本経路122及び複写経路124のうち i 本目の終了点である P_j を $-Z$ 方向に距離 $(\Delta Z+d)$ だけ移動させたデータとして表されることから、 $Q_j(X_j, Y_j, Z_j-(\Delta Z+d), \phi_j, \theta_j, \phi_j)$ として計算され、求めた Q_j を記録する。

[0082] 次に、ステップS307において、カウンタ j を「+1」更新する。

[0083] 次に、ステップS308において、小ブロックB1を構成する $(n+1)$ 本の基本経路122及び複写経路124のうち i 本目の開始点である Q_j を計算する。この場合、 Q_j は、小ブロックAを構成する $(n+1)$ 本の基本経路122及び複写経路124のうち i 本目の開始点である P_j を $-Z$ 方向に距離 $(\Delta Z-r)$ だけ移動させたデータとして表されることから、 $Q_j(X_j, Y_j, Z_j-(\Delta Z-r), \phi_j, \theta_j, \phi_j)$ として計算され、求めた Q_j を記録する。

[0084] ステップS305又はS308の後、ステップS309において、カウンタ i 及び j を「+1」更新し、ステップS301へ戻る。

[0085] このようにカウンタ i を更新しながら、小ブロックB1を示すツール座標である Q_1, Q_2, \dots, Q_e を計算することができる。計算して求められた小ブロックB1は、ブロックデータ設定記録部100に記録される。

[0086] また、小ブロックB1は小ブロックAを変形させながら複写設定することから、多種多

様のワークWに対して、高い融通性がある。

- [0087] 次に、ステップS207、つまりワークWがセダンである場合の処理について図12を参照しながら説明する。
- [0088] 先ず、ステップS401において、カウンタjとパラメータeとを比較する。パラメータeは、前記の通り、 $e = 2(n-1) + 4$ である。j > eであるときには、小ブロックB2を示すツール座標であるQ1、Q2、…Qeが全て求められたことになり、この一連の処理を終了して前記ステップS3(図6参照)へ移る。j ≤ eであるときには、次のステップS402へ移る。
- [0089] 次に、ステップS402においては、カウンタiが奇数であるか偶数であるかを確認し、奇数であるときにはステップS403へ移り、偶数であるときにはステップS406へ移る。
- [0090] ステップS403(iが奇数であるとき)においては、小ブロックB2を構成する(n+1)本の基本経路122及び複写経路124のうちi本目の開始点であるQjを計算する。この場合、Qjは、小ブロックAを構成する(n+1)本の基本経路122及び複写経路124のうちi本目の開始点であるPjを+Z方向に距離($\Delta Z - r$)だけ移動させたデータとして表されることから、 $Q_j(X_j, Y_j, Z_j + (\Delta Z - r), \phi_j, \theta_j, \phi_j)$ として計算され、求めたQjを一時記録する。このようにQjを求めることにより小ブロックAと小ブロックB2は、ラップ量rだけ重複する。
- [0091] なお、セダンでは、小ブロックB2が不要であるトランク部やボンネット部が広いから、Qjは書き換えを考慮した一時的な記録とする。後述するステップS405、S406及びS408においても同様に求めたQjは一時的な記録とする。
- [0092] 次に、ステップS404において、カウンタjを「+1」更新する。
- [0093] 次に、ステップS405において、小ブロックB2を構成する(n+1)本の基本経路122及び複写経路124のうちi本目の終了点であるQjを計算する。この場合、Qjは、小ブロックAを構成する(n+1)本の基本経路122及び複写経路124のうちi本目の終了点であるPjを+Z方向に距離($\Delta Z + d$)だけ移動させたデータとして表されることから、 $Q_j(X_j, Y_j, Z_j + (\Delta Z + d), \phi_j, \theta_j, \phi_j)$ として計算され、求めたQjを一時記録する。
- [0094] このようにQjを求めることにより、小ブロックB2は上方に延長量dだけ延長されるよう

に変形され、ワークWの高さhをカバーするように設定される。なお、實際上、セダンは車高が低いことから延長量dをマイナス値として設定し、小ブロックB2を低く設定してもよい。

- [0095] 一方、ステップS406 (iが偶数であるとき) においては、小ブロックB2を構成する(n+1)本の基本経路122及び複写経路124のうちi本目の終了点であるQjを計算する。この場合、Qjは、小ブロックAを構成する(n+1)本の基本経路122及び複写経路124のうちi本目の終了点であるPjを+Z方向に距離($\Delta Z+d$)だけ移動させたデータとして表されることから、 $Qj(X_j, Y_j, Z_j+(\Delta Z+d), \phi_j, \theta_j, \phi_j)$ として計算され、求めたQjを一時記録する。
- [0096] 次に、ステップS407において、カウンタjを「+1」更新する。
- [0097] 次に、ステップS408において、小ブロックB2を構成する(n+1)本の基本経路122及び複写経路124のうちi本目の開始点であるQjを計算する。この場合、Qjは、小ブロックAを構成する(n+1)本の基本経路122及び複写経路124のうちi本目の開始点であるPjを+Z方向に距離($\Delta Z-r$)だけ移動させたデータとして表されることから、 $Qj(X_j, Y_j, Z_j+(\Delta Z-r), \phi_j, \theta_j, \phi_j)$ として計算され、求めたQjを一時記録する。
- [0098] ステップS405又はS408の後、ステップS409において、カウンタi及びjを「+1」更新し、ステップS401へ戻る。
- [0099] このようにカウンタiを更新しながら、小ブロックB2を示すツール座標であるQ1、Q2、…Qeを計算することができる。計算して求められた小ブロックB2は、ブロックデータ設定記録部100に一時記録される。
- [0100] 次に、前記ステップS2 (図6参照) の後に実行される前記ステップS3の処理、つまりブロックデータ120を横方向(Y方向)に複写する処理について、図13～図15を参照しながら説明する。このステップS3の処理は、図14に示すように、ワゴンに対しては小ブロックA及び小ブロックB1からなる大ブロックCをそれぞれY方向にm回複写し、図15に示すように、セダンに対しては小ブロックAをY方向に複数回複写するとともに、キャビン部200に対しては一時記録した小ブロックB2を複写する。
- [0101] 隣接する小ブロックA同士 (又は大ブロックC同士) の間隔である計測ピッチtは、境界部における計測漏れのないように設定される。また、ワークWの長さUをカバーす

ることができるように、小ブロックA又は大ブロックCをm個設定する。つまり、小ブロックA又は大ブロックCを(m-1)回複写する。

[0102] 計測ピッチt及び長さUは、ティーチングボックス66を用いて入力され、個数mは、長さUに基づいて算出される。

[0103] また、ステップS4(図6参照)において、ワークWの3次元形状を計測する際に、所定の小ブロックA又は大ブロックCに基づく計測を行った後に、隣接する小ブロックA又は大ブロックCに基づく計測を行う。このとき、走行軸モータ64(図4参照)を動作させて移動台車22を移動させることから、ステップS3においてブロックデータ120を横方向(Y方向)に複写する際には、適応する移動台車22の位置データbkを同時に算出する(ステップS511参照)。

[0104] 先ず、ステップS501において、計測ピッチt、長さUをティーチングボックス66を用いて入力する。長さUに基づいて個数mを計算して記録する。

[0105] 次に、ステップS502において、ワークWがセダンであるときに、キャビン部200に小ブロックB2を複写する箇所を示すパラメータma及びmbを入力する。パラメータma及びmbは、個数mに対応した値であり、複写する回数がma回からmb回までの間に小ブロックB2を複写する。図15に示す例では、ma=2、mb=3である。このステップS502の処理は、ワークWがワゴンである場合には不要である。

[0106] 次に、ステップS503において、ブロックデータ120のP1とPeのY方向の距離ΔYを求める。距離ΔYは、 $\Delta Y = Y_e - Y_1$ として求められる。Y1、Yeは、それぞれP1、P2を構成するパラメータのうちY方向成分の値である。

[0107] 次に、ステップS504において、カウンタkを「1」に初期化する。

[0108] 次に、ステップS505において、カウンタkと個数mとを比較する。k>mであるときには、ブロックデータ120をY方向に複写する処理を終了したことになり、この一連の処理を終了して前記ステップS4(図6参照)へ移る。k≤mであるときには、次のステップS506へ移る。

[0109] ステップS506においては、小ブロックAを横方向(Y方向)に複写する。具体的には、k番目の小ブロックAは P_{i_k} ($i_k = 2k \cdot (2 \cdot (n-1) + 4) + i$)で表され、これらの前記ステップS1で作成した小ブロックAを示す P_i ($i=1 \sim e$)に基づき、次のように添え字

だけを変更させながらそのまま複写を行うことができる。

[0110] $Pi_k(X_i, Y_i, Z_i, \phi_i, \theta_i, \phi_i) \leftarrow Pi(X_i, Y_i, Z_i, \phi_i, \theta_i, \phi_i)$

この場合、 Pi 及び Pi_k に基づく3次元計測を行う際には、それぞれ多関節ロボット14がY方向に移動することから、多関節ロボット14から見た各座標値は全く同じでよい。従って、Y方向の座標値である「 Y_i 」についても同値でよく、複写手順が容易である。

[0111] 次に、ステップS507において、ワークWの車種に基づいて処理の分岐を行う。ワークWがワゴンである場合には、ステップS508へ移り、ワークWがセダンである場合には、ステップS509へ移る。

[0112] ステップS508においては、小ブロックB1を横方向(Y方向)に複写する。この処理は、前記ステップS506と類似の処理であり、具体的には、 k 番目の小ブロックB1を Qi_k で表したとき、 $Qi_k(X_i, Y_i, Z_i, \phi_i, \theta_i, \phi_i) \leftarrow Qi(X_i, Y_i, Z_i, \phi_i, \theta_i, \phi_i)$ という処理により複写を行う。この後ステップS511へ移る。このステップS508及び前記ステップS506の複写処理により、大ブロックCが複写されたことになる。

[0113] また、ステップS509においては、その時点におけるカウンタ k の値を確認し、 $mb \geq k \geq ma$ であるときにはステップS509へ移り、 $k > mb$ 又は $k < ma$ であるときにはステップS511へ移る。つまり、キャビン部200の処理時のみステップS510を実行する。

[0114] ステップS510においては、一時記録された小ブロックB2を複写する。この処理は、前記ステップS506と類似の処理であり、具体的には、 k 番目の小ブロックB2を Qi_k で表したとき、 $Qi_k(X_i, Y_i, Z_i, \phi_i, \theta_i, \phi_i) \leftarrow Qi(X_i, Y_i, Z_i, \phi_i, \theta_i, \phi_i)$ という処理により複写を行う。この後ステップS511へ移る。

[0115] 次のステップS511においては、移動台車22の位置データ b_k を算出する。位置データ b_k は、 $b_k \leftarrow b_0 + (k-1) \cdot \Delta Y + t$ として求められる。ここで、 b_0 は最初のブロックAに対応する移動台車22の初期位置を示すデータである。

[0116] 次に、ステップS512において、前記ステップS506、S508、S510で求めたブロックA、B1、B2を前記ステップS511で求めた位置データ b_k と対応させて記録する。

[0117] 次に、ステップS513において、カウンタ k を「+1」更新し、ステップS505へ戻る。

[0118] このように、カウンタ k をインクリメントしながら小ブロックA、B1、B2を複写するとともに、対応する位置データ b_k を求めて記録することにより、選択されたワークWの基本形

状タイプに基づき、仮想ブロックである小ブロックA、B1、B2を複写設定し、仮想空間上のワークWの投影面のうち、測定を行う部分を覆うように設定することができる。

- [0119] 複写設定された小ブロックA、B1及びB2は、ワークWの投影面のうち、計測を行う部分を覆うように設定される。例えば、フロントウィンド部に関しては、別途、多関節ロボット14をワークWの正面に移動させて計測する計画である場合には、該フロントウィンド部は側面から見た小ブロックA、B1、B2で覆わないようにしてもよい。
- [0120] なお、ワークWがワゴンである場合には、小ブロックA及び小ブロックB1からなる大ブロックCを複写することになるが、図14に示すように、小ブロックAのうち、ボンネット上部に位置することになる小ブロック Ax_1 は不要となる場合があることから、オペレータがティーチングボックス66を操作することによって、小ブロック Ax_1 を削除してもよい。また、小ブロックAのうち、フロントウィンド部に位置することになる小ブロック Ax_2 はやや低い高さであっても構わない。従って、オペレータがティーチングボックス66を操作することによって、小ブロック Ax_2 を構成するデータを書き換えたやや低い高さの小ブロック Ax_3 で置き換えてもよい。さらに、小ブロックB1のうち、フロントフェンダ部に位置することになる小ブロック $B1x_1$ は、幅がやや狭くなっても構わない。従って、オペレータがティーチングボックス66を操作することによって、小ブロック $B1x_1$ を構成する複写経路124(図8参照)を数本削除した小ブロック $B1x_2$ で置き換えてもよい。
- [0121] 次に、この時点までの処理(ステップS1〜S3)によって多関節ロボット14の教示データが作成されたこととなるので、前記ステップS4に移り、多関節ロボット14と走行軸モータ64を動作させてワークWの3次元形状を測定すればよい。
- [0122] 具体的には、P1〜Peで示される位置にレーザスキャナ12を配置させ、レーザ変位計20によりレーザスキャナ12とワークWの表面との距離を測定する。この距離が $L \pm \epsilon$ の範囲内に入っていないときには、レーザスキャナ12をワークWに対して進退させて $L \pm \epsilon$ となるように設定する。その後、先端部36及びレーザスキャナ12の位置及び姿勢に基づいて、基本経路122又は複写経路124で示される方向と略同じ方向に移動させながら計測を行う。このとき、レーザ変位計20のデータを考慮し、レーザスキャナ12がワークWの表面に対して $L \pm \epsilon$ の範囲を逸脱しないように適当な補正をかけて移動方向を決定する。例えば、レーザスキャナ12とワークWとの距離が $L +$

ϵ に近い値であるときには先端部36及びレーザスキャナ12をワークWに接近させる方向に補正し、レーザスキャナ12とワークWとの距離が $L - \epsilon$ に近い値であるときには先端部36及びレーザスキャナ12をワークWから離間させる方向に補正する。

- [0123] なお、この移動方向は、その時点の先端部36及びレーザスキャナ12の位置及び姿勢に基づいて決定すればよく、先端部36及びレーザスキャナ12を、基本経路122又は複写経路124で示される位置まで戻す必要はない。これにより、レーザスキャナ12をワークWの表面に対して $L \pm \epsilon$ の距離に保ったまま測定を連続的に続行することができる。
- [0124] ϵ の値が十分に大きいときには、レーザスキャナ12を進退させずに基本経路122又は複写経路124が示す経路に沿って動作させてもよい。
- [0125] 上述したように、本実施の形態に係る3次元形状測定装置10及び該3次元形状測定装置10を用いた3次元形状測定方法によれば、ブロックデータ120を設定した後、ワークWの基本形状タイプと入力されたワークWの寸法に基づいて、測定に必要なワークWの所定面積部分に対してブロックデータ120をコピーする。従って、実質的な教示作業は最初のブロックデータ120を作成する作業だけであり、多関節ロボット14の動作を簡便かつ短時間に教示設定することができる。
- [0126] また、ワークWの大きさが略同じクレーモデルであれば、そのワークWがワゴン又はセダンに係わらず、小ブロックAであるブロックデータ120を共用することができることから、ブロックデータ120の作成処理を省略することができる。
- [0127] ワークWが、例えば、実車のように大きい形状であるときには、クレーモデル用のブロックデータ120とは別の実車専用のブロックデータを作成しておき、所定の記録部に保持しておくといよい。
- [0128] さらに、ブロックデータ120の作成処理は基本経路122を1本だけ作成して、他の複写経路124は基本経路122を複写することによって得られることから、簡便に作成が可能である。
- [0129] 上記の説明では、多関節ロボット14が載置される移動台車22上はレール26(図1参照)をY方向に沿って移動する例について述べたが、例えば、図16に示すように、移動台車22を格子状の移動路を有する定盤130上に設けるようにしてもよい。定盤

130は、X方向の複数の溝(移動路)130a及びY方向の複数の溝(移動路)130bが所定の間隔で設けられており、3次元形状測定装置10は、これらの溝130a及び130bに沿ってX方向及びY方向に移動可能となる。これにより、多種多様のワークに対して、一層高い融通性がある。

請求の範囲

- [1] ロボット(14)に取着した3次元測定器(12)を、ワーク(W)の表面に倣わせて移動させることにより、該ワーク(W)の表面形状を測定する3次元形状測定方法であって、
- 、
- 所定面積に対して前記3次元測定器(12)を倣わせる測定動作を示すブロックデータ(120)を設定、記録する第1ステップと、
- 前記ワーク(W)の長さ(U)及び／又は高さ(h)を設定する第2ステップと、
- 複数の基本形状タイプから前記ワーク(W)の形状に類似する1つを選択する第3ステップと、
- 選択された基本形状タイプと、前記ワーク(W)の長さ(U)及び／又は高さ(h)に応じて、前記ブロックデータ(120)を示す仮想ブロックが、仮想空間上の前記ワーク(W)の投影面のうち、測定を行う部分を覆うように前記ブロックデータ(120)を複写設定する第4ステップと、
- 複写設定した前記ブロックデータ(120)に基づいて前記ワーク(W)の表面形状を測定する第5ステップと、
- を有することを特徴とする3次元形状測定方法。
- [2] 請求項1記載の3次元形状測定方法において、
- 前記3次元測定器(12)は、前記ワーク(W)との距離を計測する変位計(20)を備え、
- 前記変位計(20)の計測に基づいて前記ロボット(14)を動作させることにより、前記3次元測定器(12)を進退させて前記ワーク(W)から計測可能範囲に維持させながら測定を行うことを特徴とする3次元形状測定方法。
- [3] 請求項1記載の3次元形状測定方法において、
- 前記ブロックデータ(120)は、前記3次元測定器(12)を検出幅(D)ずつ横方向に移動しながら往復動作させる動作パターンを示すデータであることを特徴とする3次元形状測定方法。
- [4] 請求項1記載の3次元形状測定方法において、
- 前記第4ステップでは、前記ブロックデータ(120)を変形させながら複写設定するこ

とを特徴とする3次元形状測定方法。

- [5] 請求項1記載の3次元形状測定方法において、
前記第5ステップでは、所定のブロックデータ(120)に基づく計測を行った後に次のブロックデータ(120)の計測を行う際、ロボット(14)のベース部(30)を、次のブロックデータ(120)の位置に合わせて移動させることを特徴とする3次元形状測定方法。
- [6] 請求項5記載の3次元形状測定方法において、
前記ベース部(30)は、移動台車(22)上に載置されており、該移動台車(22)が移動することにより前記ベース部(30)が移動されることを特徴とする3次元形状測定方法。
- [7] ロボット(14)に取着した3次元測定器(12)を、ワーク(W)の表面に倣わせて移動させることにより、該ワーク(W)の表面形状を測定する3次元形状測定方法であって、
3次元測定器(12)を所定距離動作させる基本経路を設定するステップと、
所定幅毎に前記基本経路を複数回複写して、前記3次元測定器(12)を倣わせる測定動作を示すブロックデータ(120)として設定するステップと、
を有することを特徴とする3次元形状測定方法。
- [8] ロボット(14)に取着した3次元測定器(12)を、ワーク(W)の表面に倣わせて移動させることにより、該ワーク(W)の表面形状を測定する3次元形状測定装置であって、
所定面積に対して前記3次元測定器(12)を倣わせる測定動作を示すブロックデータ(120)を設定、記録するブロックデータ(120)設定記録部(100)と、
前記ワーク(W)の長さ(U)及び／又は高さ(h)を設定するデータ入力部(66)と、
複数の基本形状タイプから前記ワーク(W)の形状に類似する1つを選択する基本形状選択部(102)と、
選択された基本形状タイプと、前記ワーク(W)の長さ(U)及び／又は高さ(h)に応じて、前記ブロックデータ(120)を示す仮想ブロックが、仮想空間上の前記ワーク(W)の投影面のうち、測定を行う部分を覆うように前記ブロックデータ(120)を複写設定

するブロックデータ複写部(104)と、

複写設定した前記ブロックデータ(120)に基づいて前記ワーク(W)の表面形状を測定する計測実行部(106)と、

を有することを特徴とする3次元形状測定装置。

[9] 請求項8記載の3次元形状測定装置において、

前記3次元測定器(12)は、前記ワーク(W)との距離を計測する変位計(20)を備え、

前記変位計(20)の計測に基づいて前記ロボット(14)を動作させることにより、前記3次元測定器(12)を進退させて前記ワーク(W)から計測可能範囲に維持させながら測定を行うことを特徴とする3次元形状測定装置。

[10] 請求項8記載の3次元形状測定装置において、

前記ブロックデータ(120)は、前記3次元測定器(12)を検出幅(D)ずつ横方向に移動しながら往復動作させる動作パターンを示すデータであることを特徴とする3次元形状測定装置。

[11] 請求項8記載の3次元形状測定装置において、

前記ブロックデータ複写部では、前記ブロックデータ(120)を変形させながら複写設定することを特徴とする3次元形状測定装置。

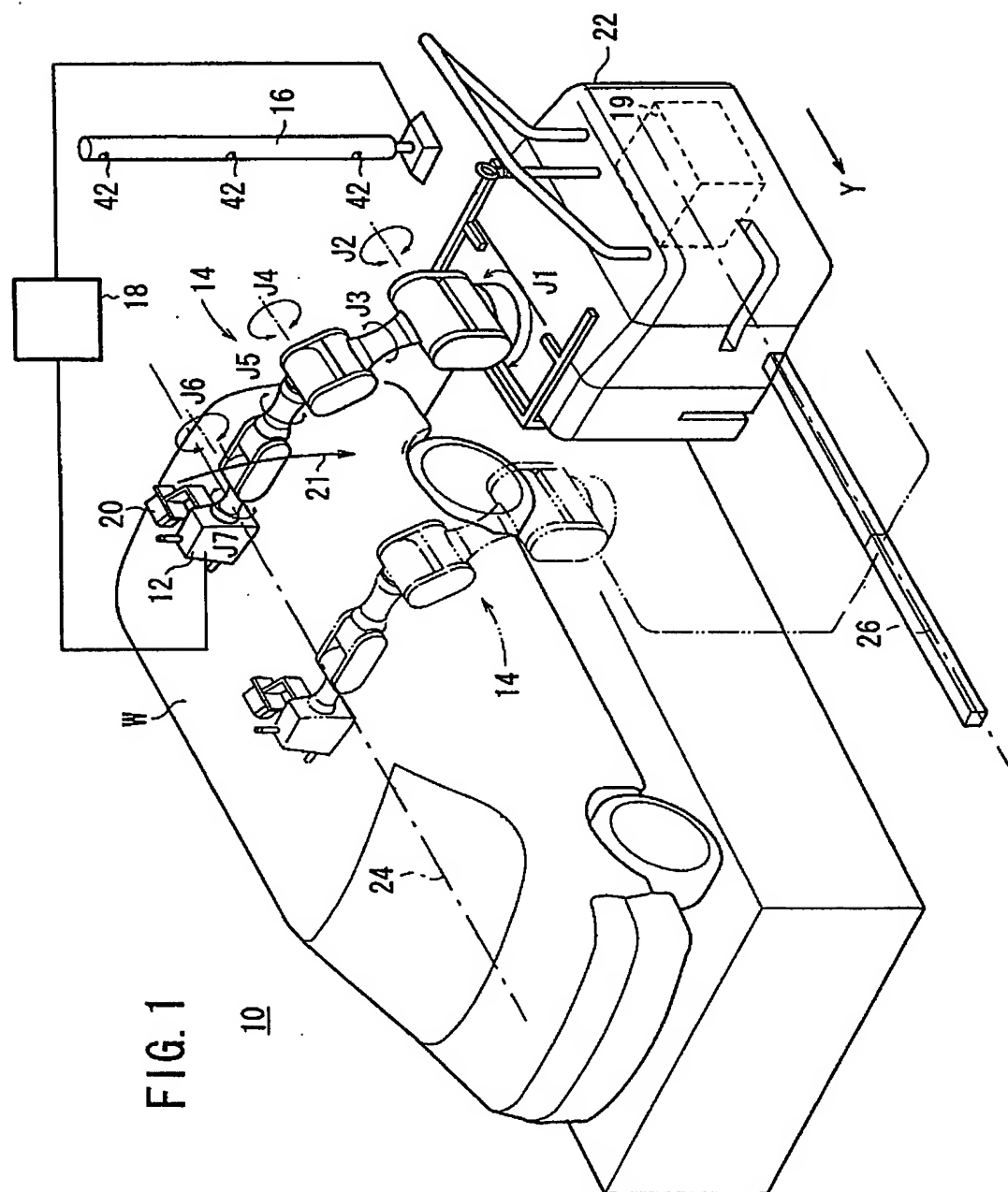
[12] 請求項8記載の3次元形状測定装置において、

前記計測実行部では、所定のブロックデータ(120)に基づく計測を行った後に次のブロックデータ(120)の計測を行う際、ロボット(14)のベース部(30)を、次のブロックデータ(120)の位置に合わせて移動させることを特徴とする3次元形状測定装置。

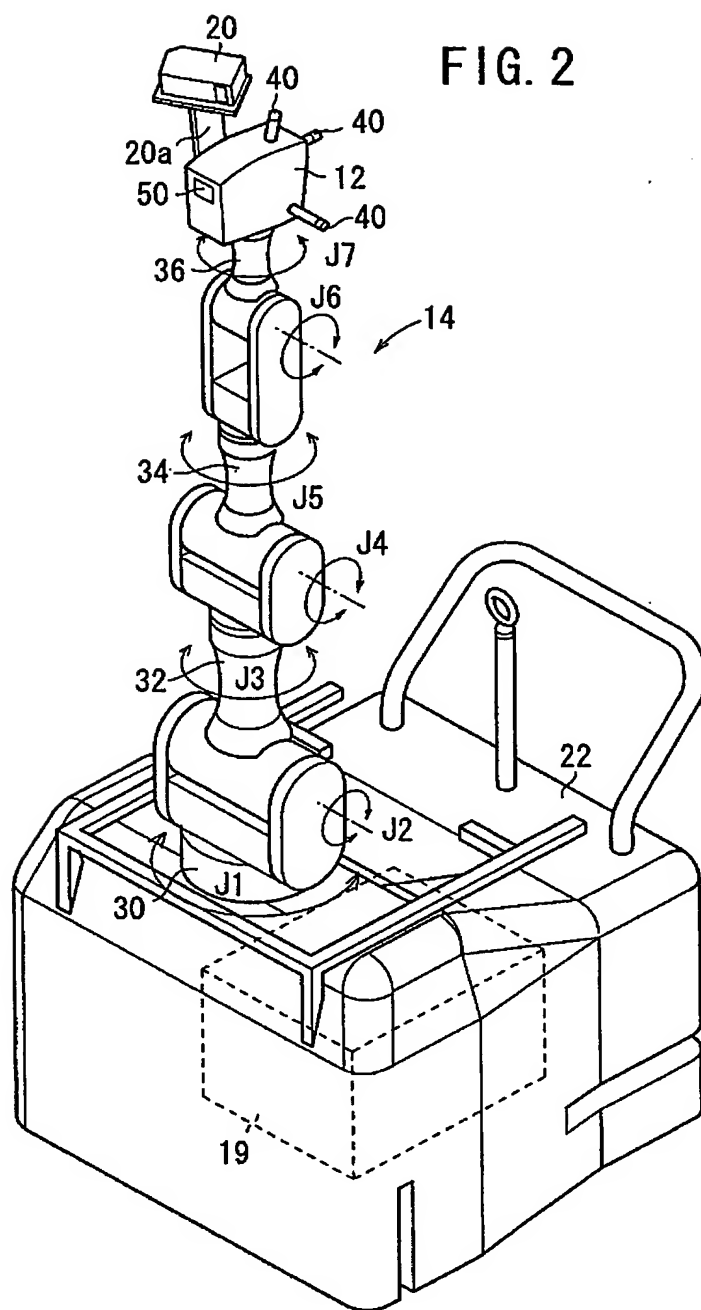
[13] 請求項12記載の3次元形状測定装置において、

前記ベース部(30)は、移動台車(22)上に載置されており、該移動台車(22)が移動することにより前記ベース部(30)が移動されることを特徴とする3次元形状測定装置。

[図1]

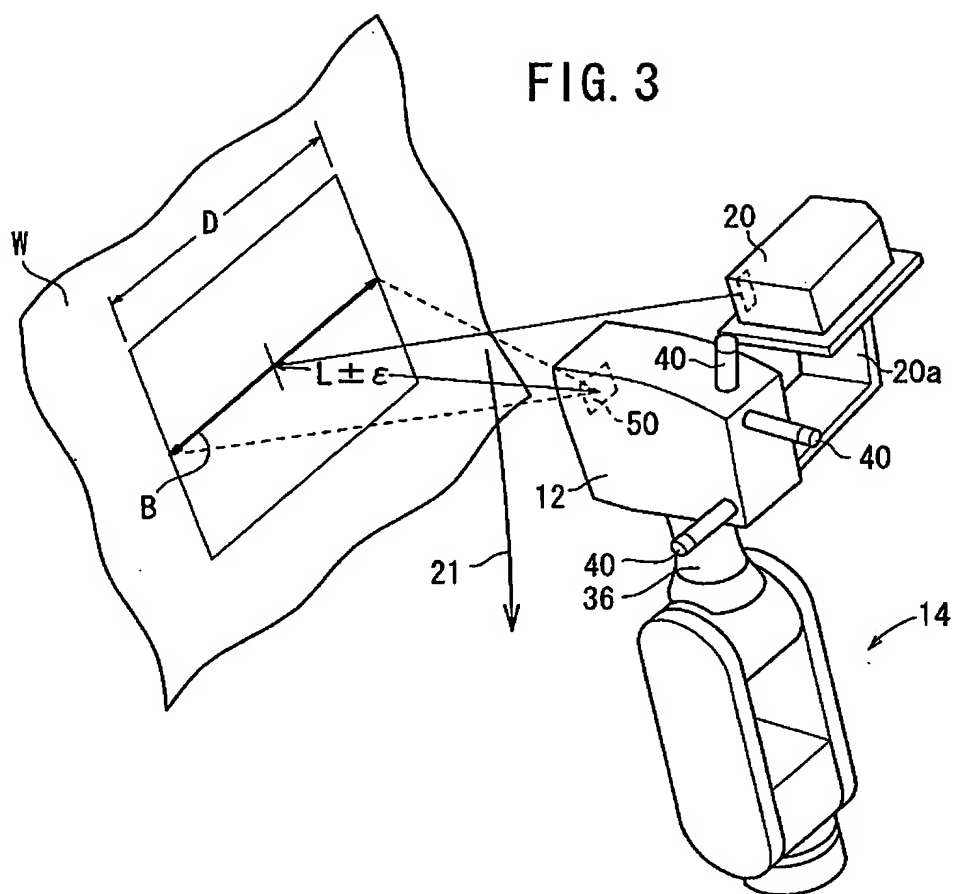


[図2]

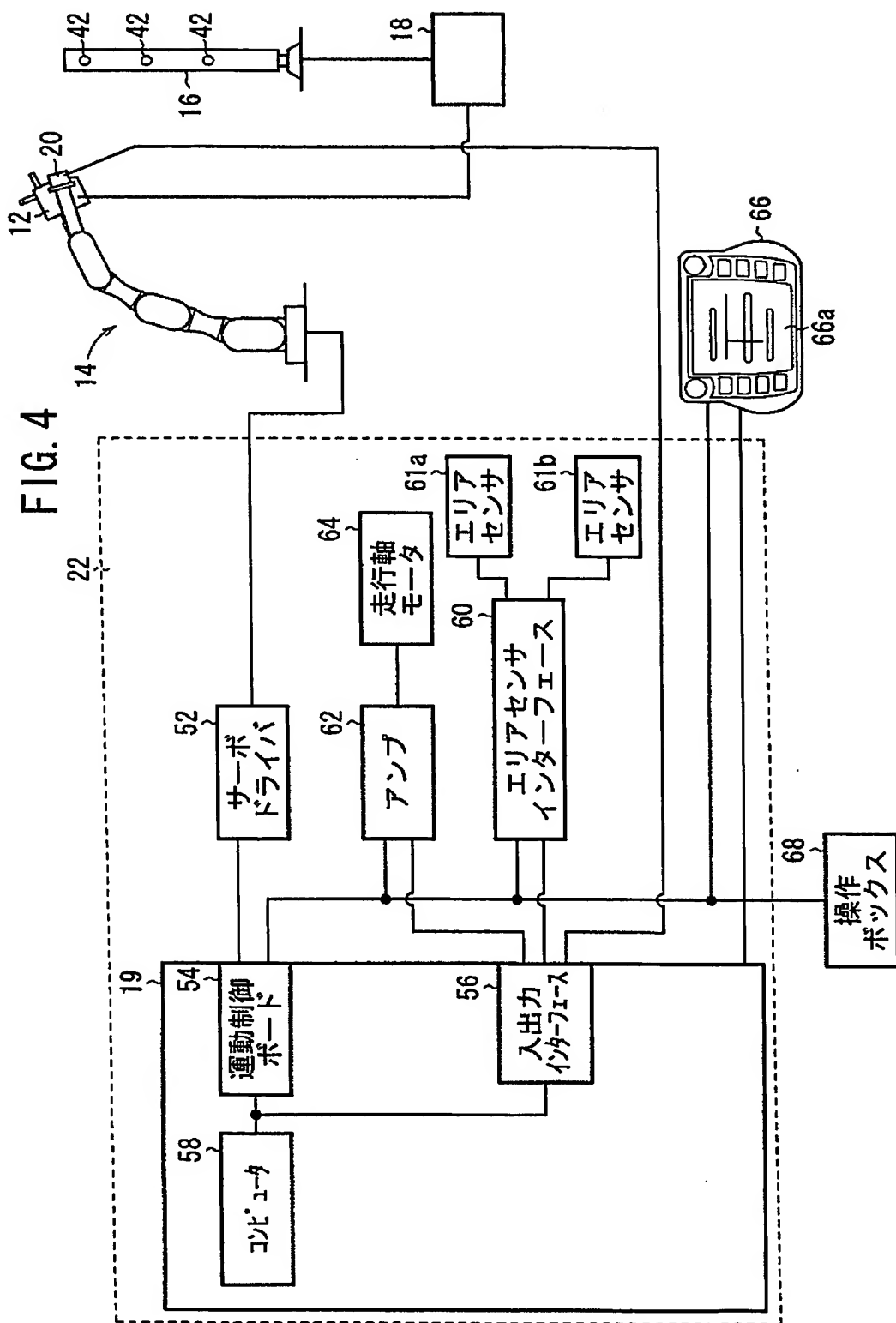


[図3]

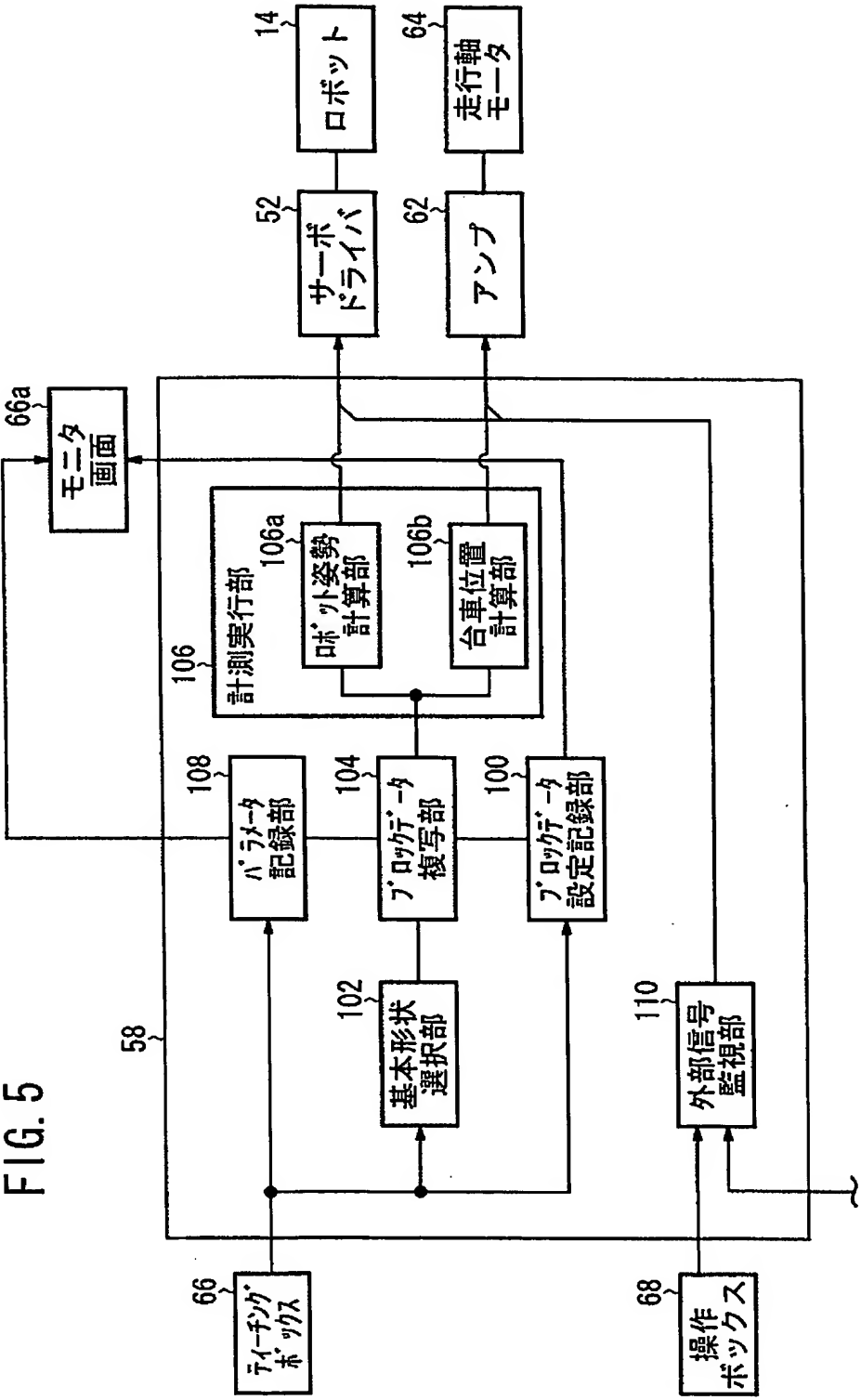
FIG. 3



[図4]

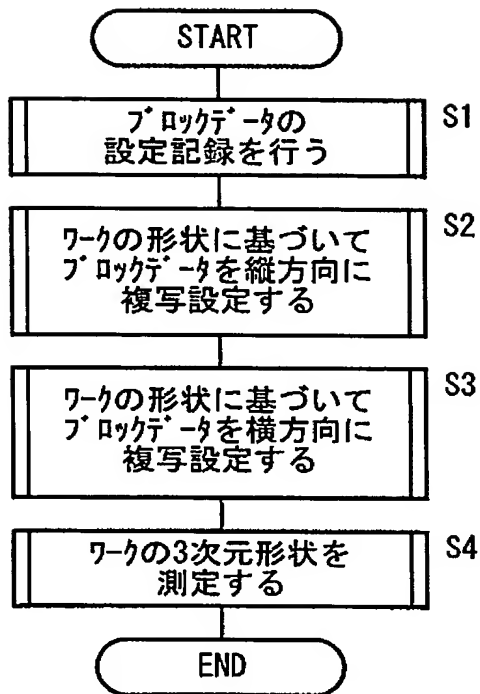


[図5]



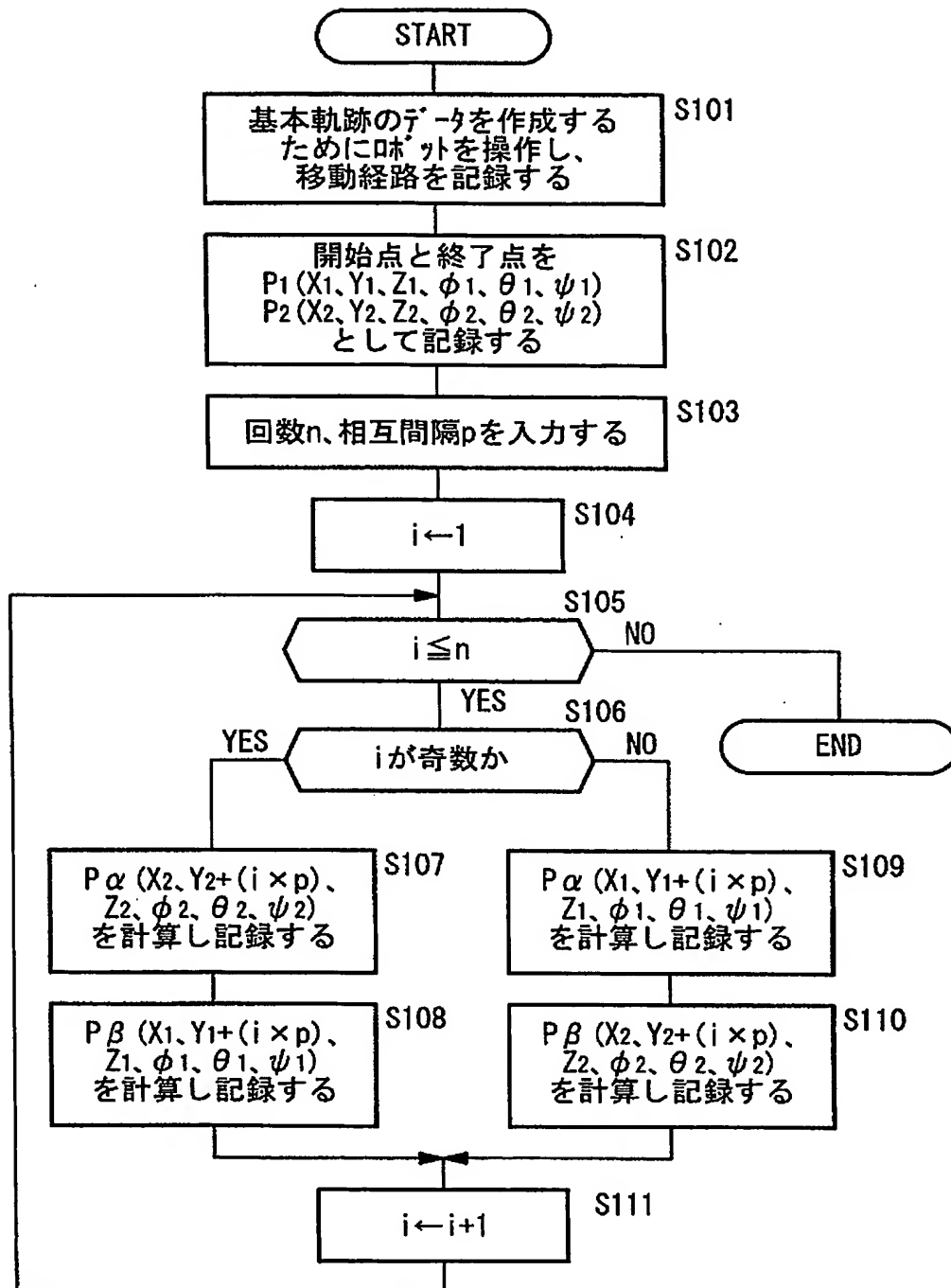
[図6]

FIG. 6



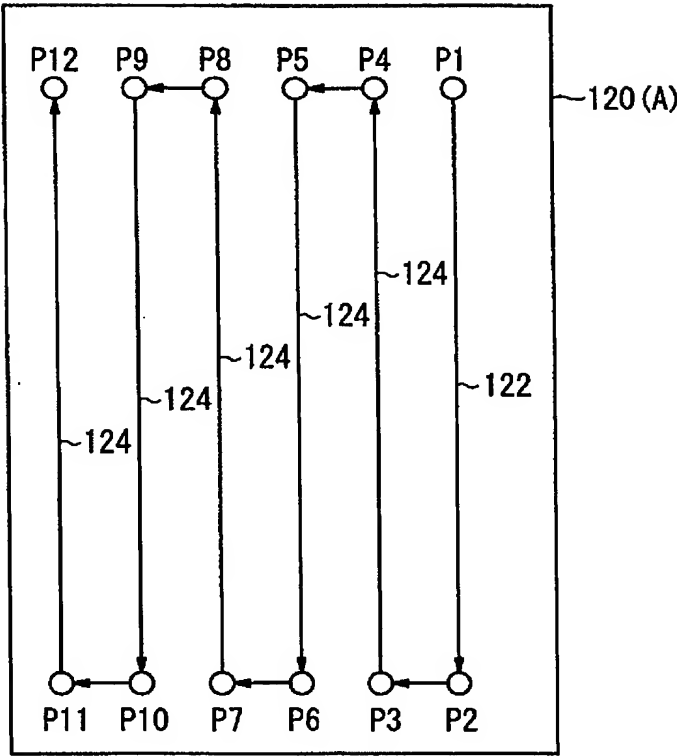
[図7]

FIG. 7



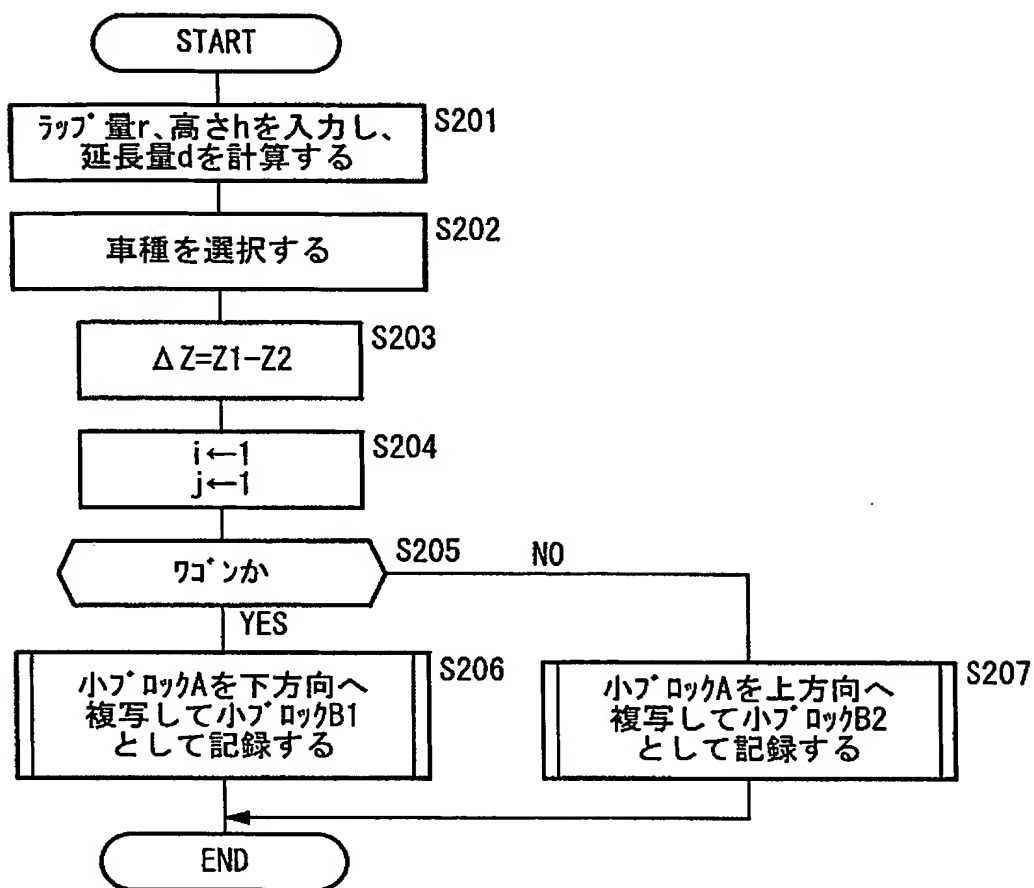
[図8]

FIG. 8

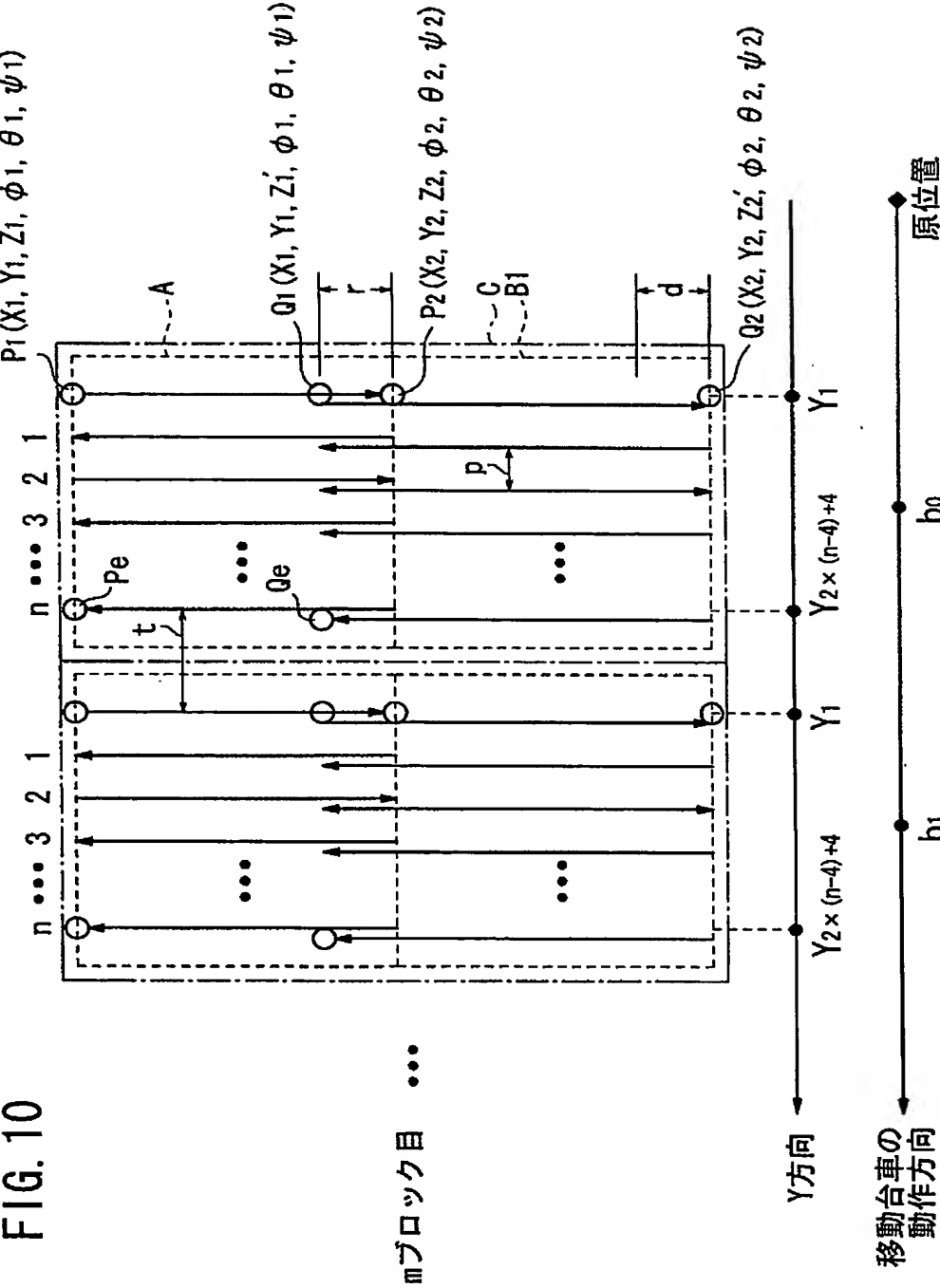


[図9]

FIG. 9

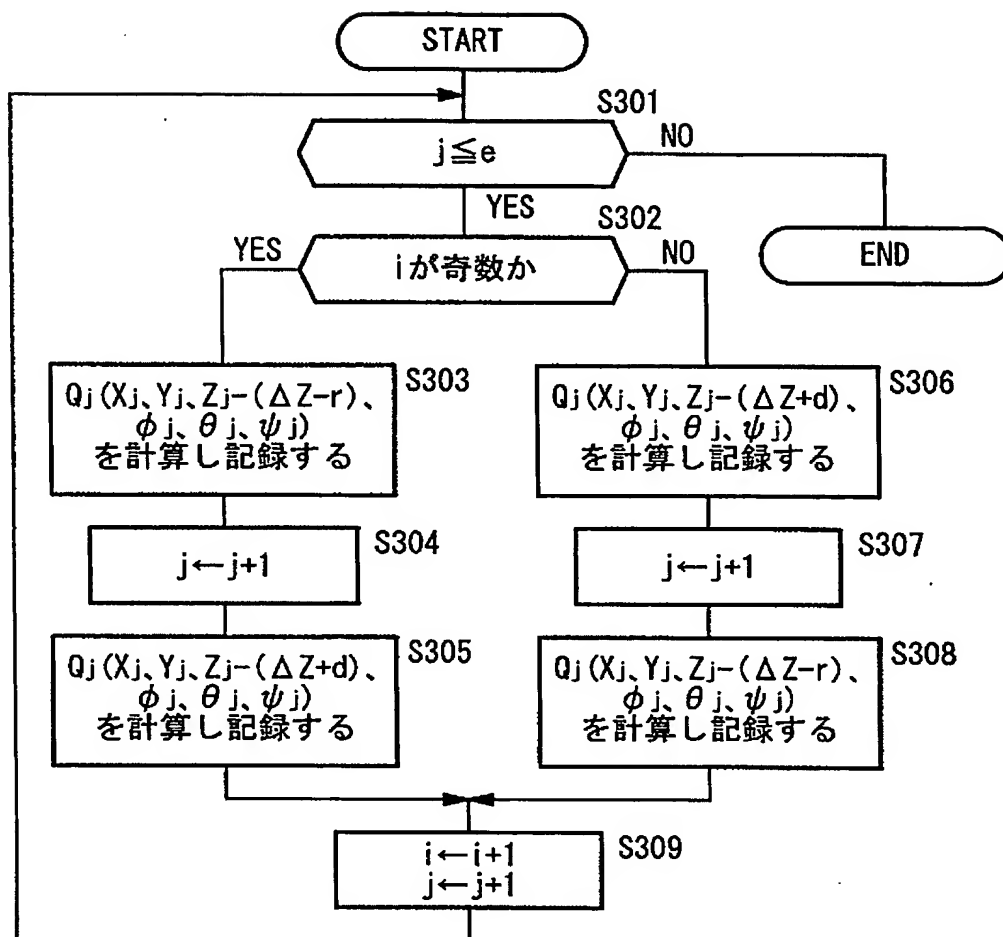


[図10]



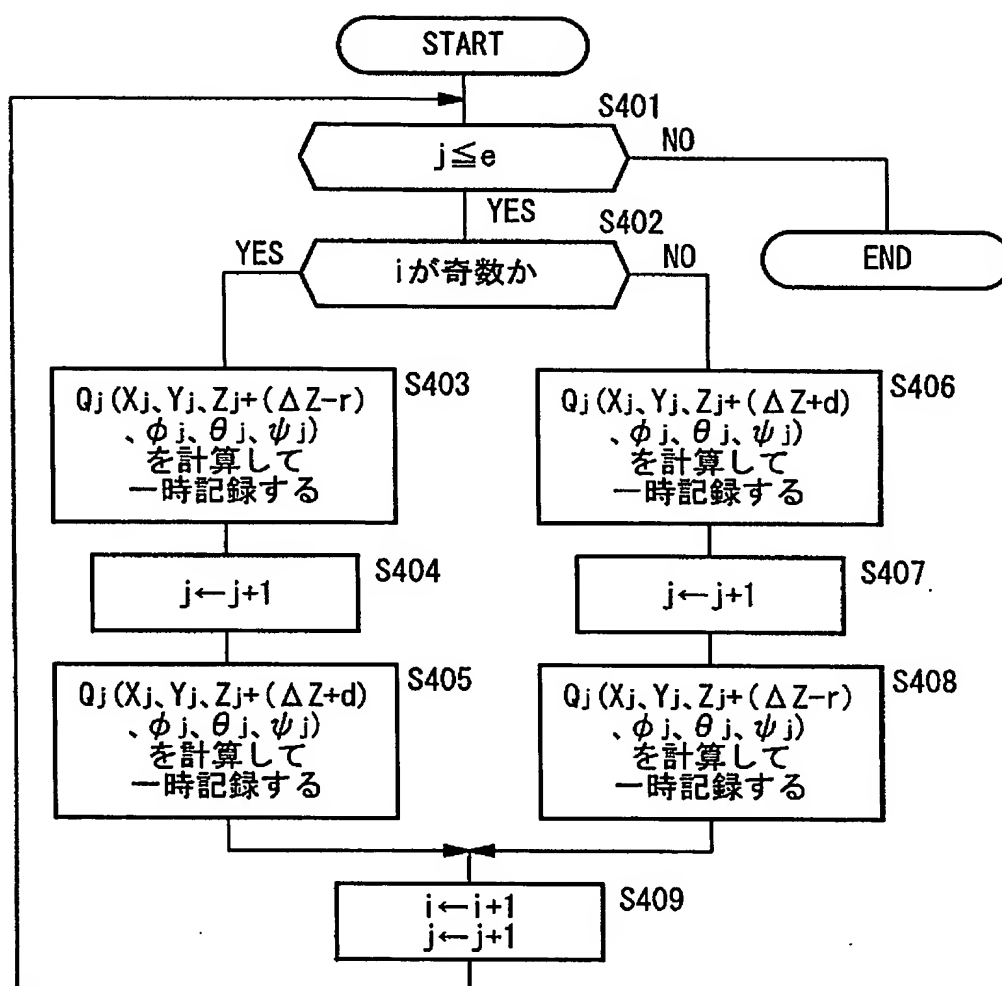
[図11]

FIG. 11



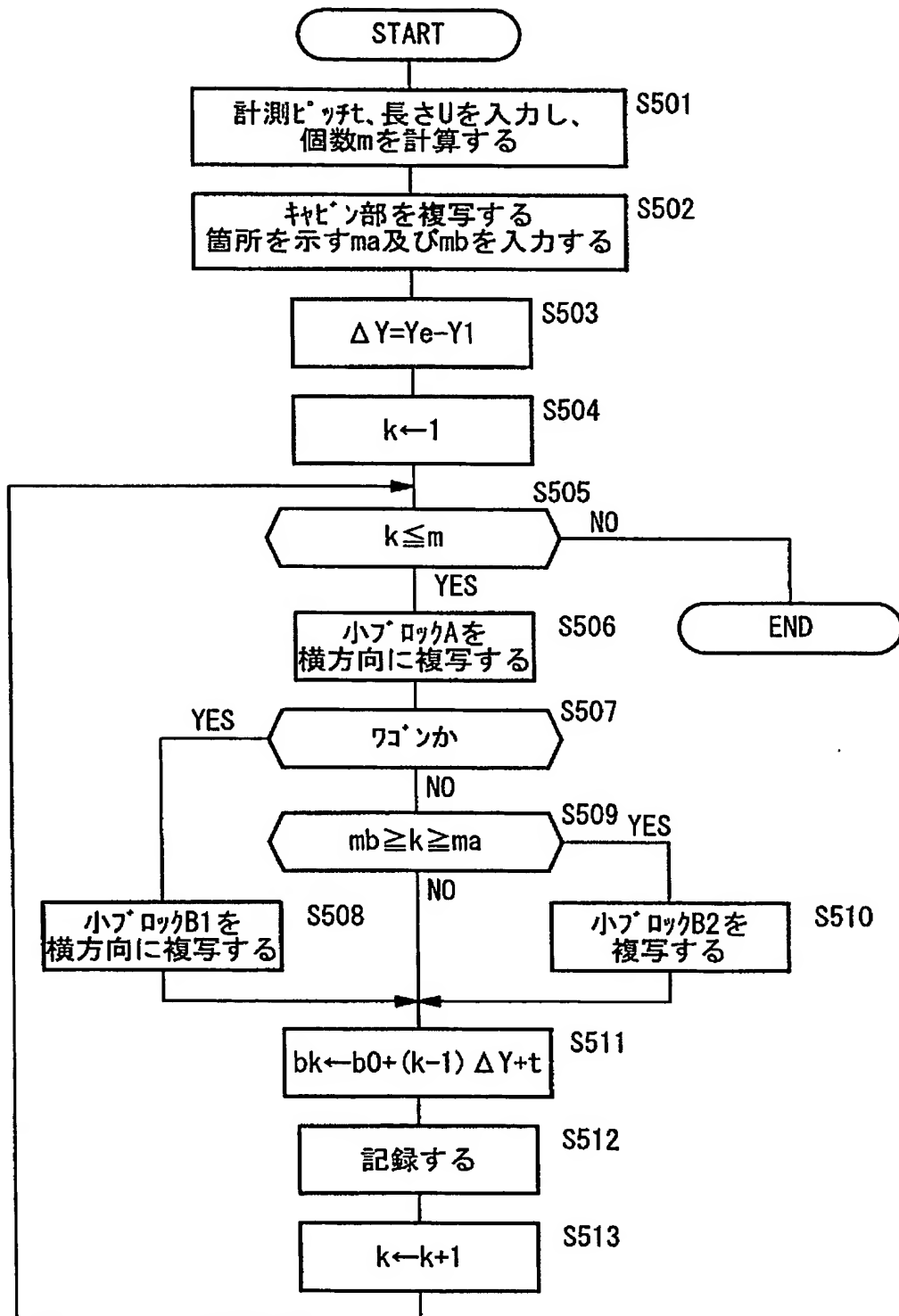
[図12]

FIG. 12



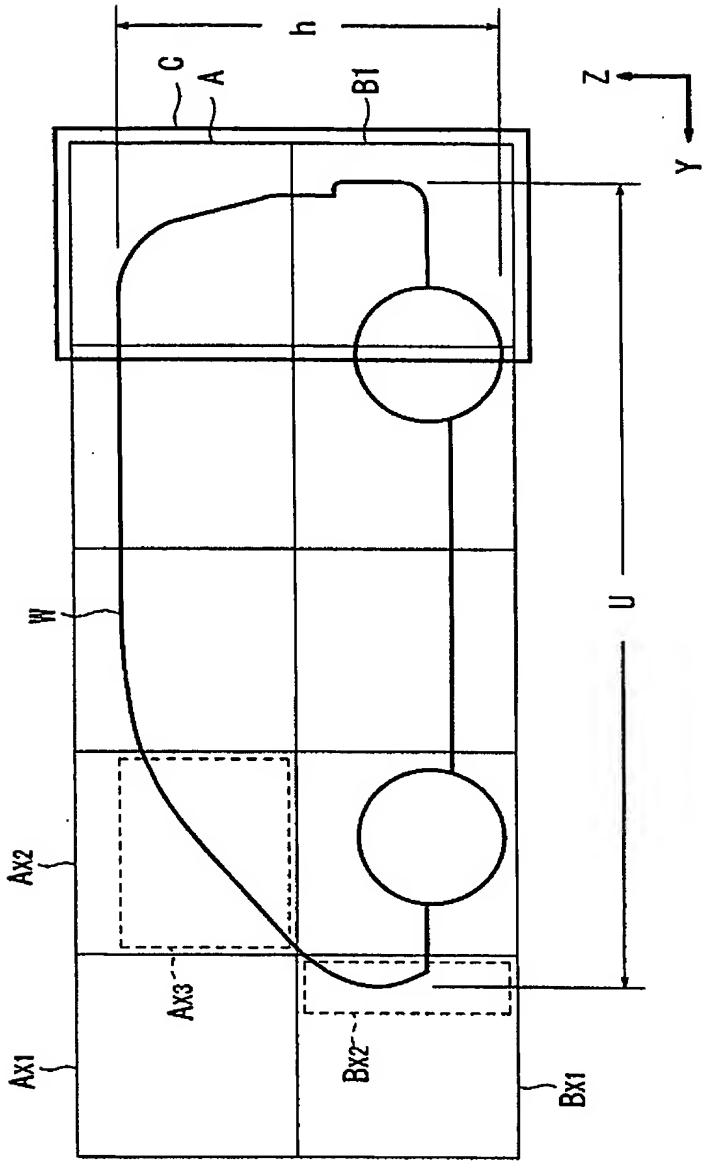
[図13]

FIG. 13



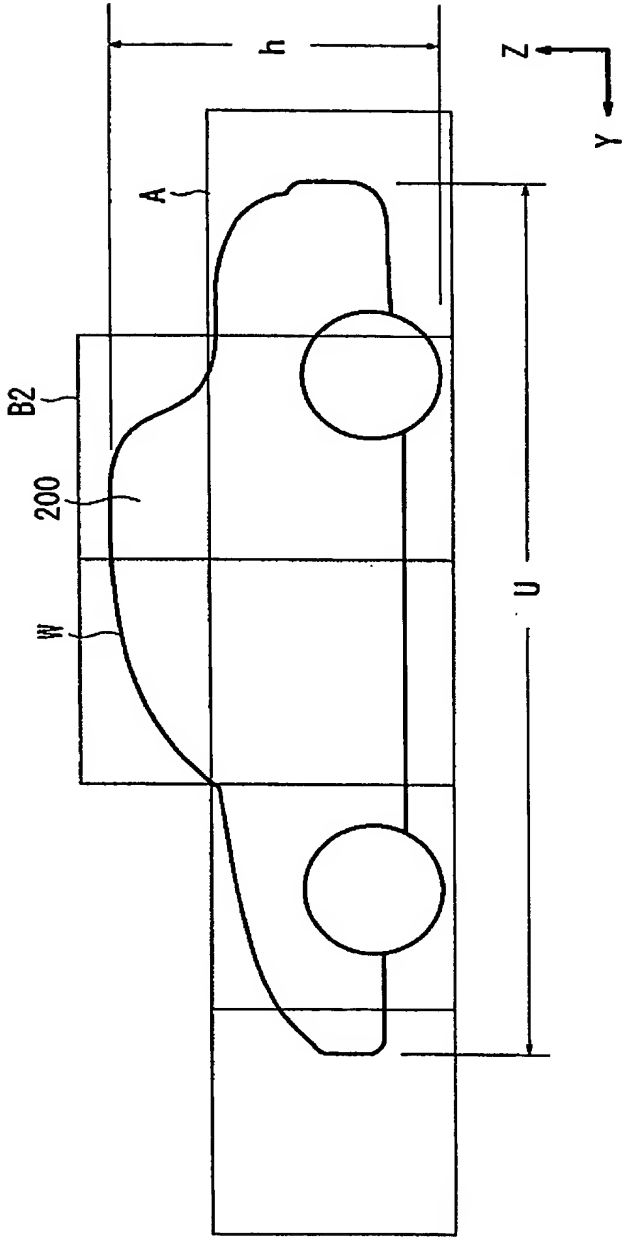
[図14]

FIG. 14

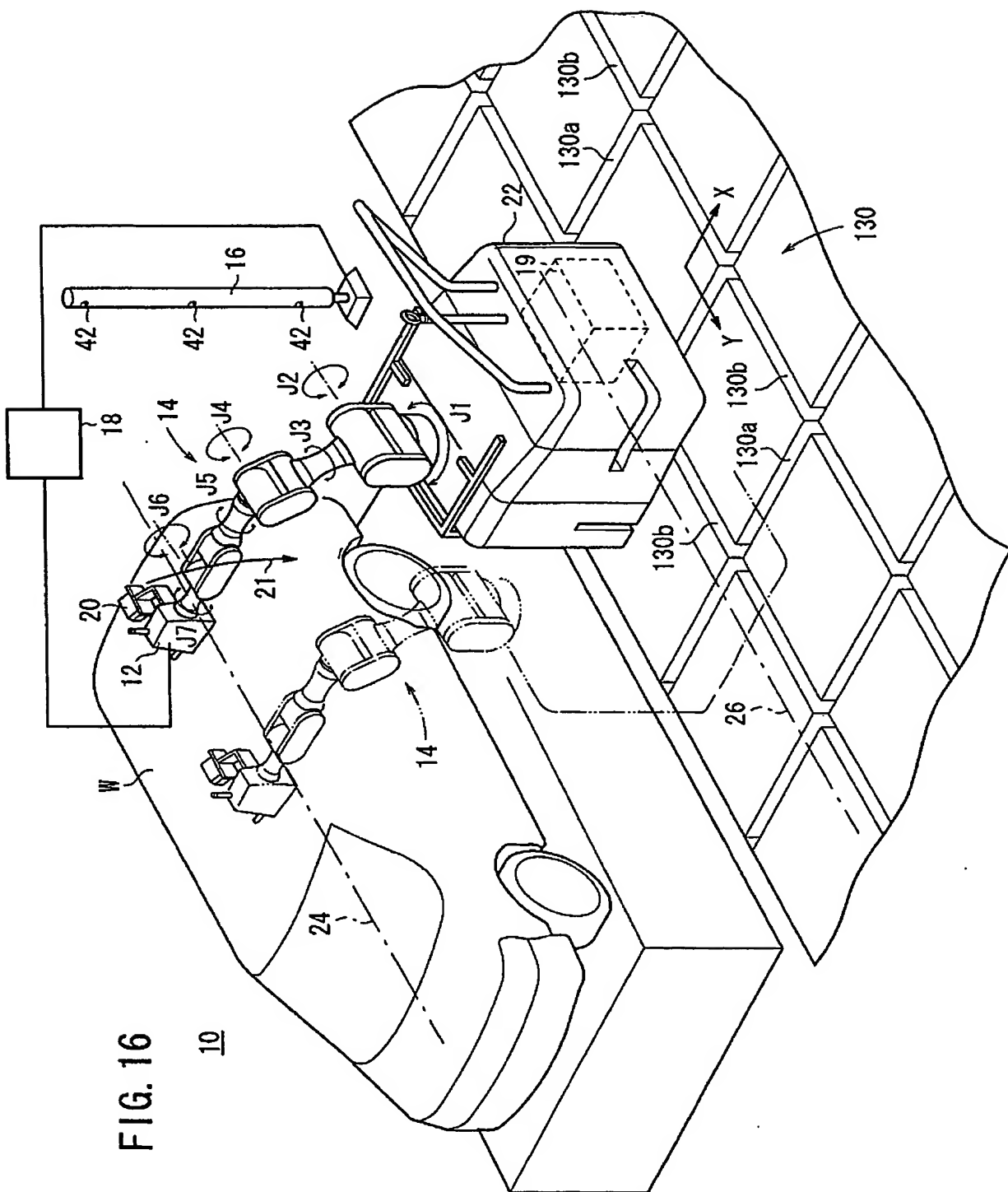


[図15]

FIG. 15



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008890

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G01B21/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01B21/00-21/32, G01B11/00-11/30, G05B19/18-19/46

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6-274221 A (Shin Maywa Industries, Ltd.), 30 September, 1994 (30.09.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 8-338717 A (Nikon Corp.), 24 December, 1996 (24.12.96), Full text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 61-98406 A (Tokico Ltd.), 16 May, 1986 (16.05.86), Full text; all drawings (Family: none)	1-13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 September, 2004 (21.09.04)Date of mailing of the international search report
12 October, 2004 (12.10.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ G01B21/20		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁷ G01B21/00-21/32, G01B11/00-11/30 G05B19/18-19/46		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 6-274221 A (新明和工業株式会社) 1994. 09. 30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 8-338717 A (株式会社ニコン) 1996. 12. 24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 61-98406 A (トキコ株式会社) 1986. 05. 16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-13
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 21. 09. 2004	国際調査報告の発送日 12.10.2004	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 関 根 洋 之	2S 8803
電話番号 03-3581-1101 内線 3256		